

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В АУСТЕНИТНО- ФЕРРИТНОЙ СТАЛИ ПРИ МЕХАНО-ТЕРМИЧЕСКИХ ОБРАБОТКАХ

Левина А.В., Третникова М.П.

Руководитель – проф., д.т.н. Мальцева Л.А

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
г.Екатеринбург,
mla44@mail.ru

В настоящей работе проводились исследования фазовых и структурных превращений при деформационно-термических обработках в практически безуглеродистой аустенитно-ферритной стали 03X14N10K5M2Ю2Т, разработанной на кафедре металловедения УрФУ. Эта сталь отличается от используемых в промышленности аустенитно-ферритных сталей (дуплекс сталей) высокой технологичностью в закаленном состоянии в связи с пониженным содержанием углерода, отсутствием тепловой хрупкости при старении вследствие подавления процесса сигматизации в результате дополнительного легирования алюминием и кобальтом. Разработанная аустенитно-ферритная сталь была предназначена для получения высокопрочной проволоки для медицинского инструмента. При разработке технологии проволоки из данной стали использовались все возможные механизмы упрочнения для достижения высокопрочного состояния: твердорастворное упрочнение 2-х матричных растворов; деформационное упрочнение вследствие увеличения дефектности γ - и δ -твердых растворов; деформационное упрочнение вследствие метастабильности ГЦК-фазы ($\gamma \rightarrow \alpha$ превращения); дисперсионное твердение пересыщенных твердых растворов с выделением интерметаллидных фаз. Изучение вклада каждого из механизмов упрочнения использованных для достижения высокопрочного состояния являлось одной из основных задач данного исследования. Практической задачей являлась отработка технологии получения высокопрочной проволоки из аустенитно-ферритной стали для медицинского инструмента.

Данная работа посвящена изучению влияния деформационно-термических обработок на механические свойства, фазовый состав и структуру новой исследуемой безуглеродистой коррозионностойкой аустенитно-ферритной стали 03X13N10K5M2Ю2Т. Проведенные исследования новой аустенитно-ферритной стали по основным технологическим этапам получения проволоки методами рентгеноструктурного фазового анализа, микрорентгеноспектрального анализа, просвечивающей электронной микроскопии, терморентгенографии и термического анализа, а также определения механических свойств позволили установить:

1. С точки зрения дальнейшей обработки и наилучшего соотношения фаз (50:50), оптимальной температурой нагрева под закалку является температура 950...1000° С.

2. В интервале температур 400-500°С происходит распад пересыщенного ОЦК-твердого раствора с выделением высокодисперсной упорядоченной интерметаллидной фазы NiAl; в интервале 700-800°С из аустенита выделяется высокотемпературная интерметаллидная фаза Лавеса (Fe₇₄Cr₁₂Ni₁₄)_{2,09}(Mo_{64,4}Ti_{35,6}).

3. Аустенит исследуемой стали является деформационно-нестабильным и при деформации $\epsilon \geq 2,0$ практически полностью превращается в мартенсит деформации.

4. Изучена эволюция структурообразования при термической обработке и холодной пластической деформации. Выявлены закономерности формирования дислокационных субструктур в ходе волочения: сетчатой субструктуры→ячеистой→фрагментированной. При этом полюсная плотность $\langle 110 \rangle$ для ОЦК фазы увеличивается от 1,9 до 3,2. Холодная пластическая деформация волочением приводит к образованию 100% ОЦК-фазы (вследствие метастабильности аустенита) и, следовательно, к увеличению прироста прочностных свойств при последующем последеформационном старении.

5. Разработанная сталь склонна к старению, причем достижение наиболее высоких прочностных свойств осуществляется при температурах старения 480...500°С. Изучена кинетика старения исследуемой стали. Проведенные исследования показали, что фазой, ответственной за упрочнение является интерметаллидная фаза типа NiAl, которая выделяется из ОЦК фазы.

6. Установлены температурные интервалы выделения как упрочняющих, так и нежелательных высокотемпературных интерметаллидных фаз.

7. Разработанная высокопрочная ($\sigma_B \geq 3000$ МПа) коррозионно-стойкая аустенитно-ферритная сталь показала ряд преимуществ перед дуплексными (промышленными аустенитно-ферритными сталями) и аустенитными сталями.

По результатам проведенных исследований разработана технология получения высокопрочной проволоки, выданы рекомендации по степеням обжата и температурам старения, при которых наблюдается наилучшее сочетание прочностных и пластических свойств. Получен патент на разработанную и исследуемую сталь. Получена опытная партия высокопрочной проволоки (с $\sigma_B \geq 3000$ МПа) по предложенной технологии, которая прошла промышленную апробацию в качестве материала для упругих элементов и мединструмента.

Работа выполнена при частичной поддержке проектов в Федеральной целевой программе «Развитие потенциала высшей школы» (2010-2013 г.г.) – тема № 62265; и проекта в Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 г.г., тема № 62261.